

Beschreibung

Optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung mit einem oberflächenemittierenden Vertikalemissionsbereich und mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen des Vertikalemissionsbereichs.

Derartige Laservorrichtungen sind beispielsweise aus den Druckschriften WO 01/93386 und WO 02/067393 bekannt, deren Inhalt durch Referenz in die vorliegende Beschreibung aufgenommen wird. In den Druckschriften werden oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtungen beschrieben, deren aktives Element des Vertikalemissionsbereichs durch eine Quantentopfstruktur gebildet wird, die von angrenzenden kantenemittierenden Halbleiterlasern optisch gepumpt wird. Pumpstrahlungsquelle und Quantentopfstruktur sind epitaktisch auf einem gemeinsamen Substrat aufgewachsen. Die so entstehende monolithisch integrierte Anordnung ist platzsparend und kostengünstig herstellbar. Weiterhin ist durch den Herstellungsprozess eine genaue Positionierung von Pumpstrahlungsquelle und Vertikalemissionsbereich zueinander gewährleistet.

Optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtungen der genannten Art erlauben eine hohe Ausgangsleistung, da die Verlustleistungsquellen, Widerstandsverluste bei der Ladungsträgerinjektion beim elektrischen Pumpen zum einen und optische Absorptionsverluste zum anderen, räumlich getrennt sind. Gleichzeitig weisen sie ein vorteilhaftes rundes Strahlprofil auf und nicht, wie beispielsweise ein kantenemittierender Laser, ein elliptisches oder strichförmiges Strahlprofil.

Eine gute Strahlqualität ergibt sich insbesondere bei Laserstrahlung in der Grundmode TEM_{00} des Vertikalemissionsbereichs.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung mit mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle zu schaffen, die Laserstrahlung in guter Strahlqualität, bevorzugt Strahlung der Grundmode, emittiert.

Diese Aufgabe wird mit einer optisch gepumpten Halbleiterlaservorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die mindestens eine Pumpstrahlungsquelle so eingerichtet und angeordnet ist, dass die Pumpstrahlung in Form von Teilstrahlungsbündeln mit unterschiedlichen Strahlungsrichtungen in den Vertikalemissionsbereich eintritt, sodass die Pumpstrahlung einen Überlapp mit der Grundmode des Vertikalemissionsbereichs aufweist, der zur Anregung dieser Grundmode geeignet ist.

Eine Grundidee hinter der erfindungsgemäßen Lösung ist, dass gerade dann Strahlung der gewünschten Grundmode des Vertikalemissionsbereichs abgegeben wird, wenn die räumliche Intensitätsverteilung der Pumpstrahlung im Vertikalemissionsbereich dem Profil dieser Grundmode angepasst ist. Typischerweise ist die Grundfläche des Vertikalemissionsbereichs ein Vieleck (Viereck, Sechseck etc.) oder ein Kreis. In der Grundmode spiegelt sich die Symmetrie der Grundfläche des Vertikalemissionsbereichs wider. Zur Anregung der Grundmode

ist es daher günstig, die Pumpstrahlung in Form Teilstrahlungsbündeln mit unterschiedlichen Strahlungsrichtungen in den Vertikalemissionsbereich einzukoppeln, wodurch die räumliche Intensitätsverteilung der Pumpstrahlung dem Profil der Grundmode angepasst werden kann. Als Teilstrahlungsbündel mit unterschiedlichen Strahlungsrichtungen ist auch eine Einkopplung anzusehen, bei der die Pumpstrahlung konvergierend in den Vertikalemissionsbereich eintritt.

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung stammen die Teilstrahlungsbündel von verschiedenen Pumpstrahlungsquellen mit verschiedenen Hauptstrahlungsrichtungen. Besonders bevorzugt ist dabei, dass die Pumpstrahlungsquellen Halbleiterlaserelemente mit einem geschlossenen Resonator sind, der den Verstärkerbereich umfasst. Alternativ können die Pumpstrahlungsquellen kantenemittierende Halbleiterlaser sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Pumpstrahlungsquellen einen Resonator mit mindestens einem gekrümmten Resonatorenendspiegel auf.

In einer weiteren begünstigten Ausführungsform weisen die Pumpstrahlungsquellen einen Resonator mit mindestens einem Resonatorenendspiegelanordnung aufweist, die aus zwei geraden Resonatorenendspiegeln besteht, die rechtwinklig zueinander angeordnet sind. Besonders bevorzugt sind die zwei Resonatorenendspiegel so angeordnet, dass die Pumpstrahlung im Resonator an ihnen Totalreflexion erfährt.

Eine weitere Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere der Pumpstrahlungsquellen einen gefalteten Resonator mit zwei Resonatorenendspiegeln und mindestens einem

inneren Resonatorspiegel aufweisen. Wiederum ist besonders bevorzugt, dass der mindestens eine innere Resonatorspiegel so angeordnet ist, dass die Pumpstrahlung im Resonator Totalreflexion an ihm erfährt. Die Resonatorenendspiegel können dabei gebrochene Kristallfacetten und die inneren Resonatorspiegel geätzte Spiegel sein.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung stammen die Teilstrahlungsbündel von einer Pumpstrahlungsquelle, deren Strahlung mehrfach in verschiedenen Richtungen durch den Vertikalemissionsbereich geführt wird. Eine Ausgestaltung ist, dass die Pumpstrahlungsquelle einen Resonator mit einem Resonatorenendspiegel aufweist, der aus einem in der Hauptstrahlungsrichtung des Vertikalemissionsbereichs parabelförmig gekrümmten und geätzten Spiegel besteht, wobei der Vertikalemissionsbereich im Brennpunkt dieses Spiegels angeordnet ist.

Alternativ ist die Pumpstrahlungsquelle ein Halbleiter-Ringlaser. Bevorzugt ist, dass der Resonator des Halbleiter-Ringlasers mindestens drei innere Resonatorspiegel aufweist. Besonders bevorzugt ist, dass die mindestens drei inneren Resonatorspiegel so angeordnet sind, dass die Pumpstrahlung im Resonator Totalreflexion an ihnen erfährt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung ist, dass der Übergang von der mindestens einen Pumpstrahlungsquelle zum Vertikalemissionsbereich gekrümmt ist und sich durch eine Brechungszahländerung auszeichnet, sodass die Pumpstrahlung im Vertikalemissionsbereich fokussiert wird.

Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Halbleiterlaservorrichtung ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren 1 bis 6 näher erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

Figur 4 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf ein vieres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

Figur 5 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung und

Figur 6 eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung.

Die Figuren sind schematische Zeichnungen. Insbesondere sind die Größenverhältnisse der Elemente nicht maßstabsgerecht dargestellt. Gleiche oder gleich wirkende Elemente der ver-

schiedenen Ausführungsbeispiele sind in den Figuren jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Das in Figur 1 schematisch in der Aufsicht gezeigte erste Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleiterlaservorrichtung weist einen zentralen Vertikalemissionsbereich 1 und zwei sich in dem Vertikalemissionsbereich 1 kreuzende Pumpstrahlungsquellen 2 auf. Die Pumpstrahlungsquellen 2 sind nach außen durch gekrümmte Resonatorenspiegel 3 begrenzt.

Eine geeignete Halbleiterschichtabfolge zur Realisierung dieses oder eines der weiteren, im Rahmen dieser Anmeldung gezeigten Ausführungsbeispiele einer Halbleiterlaservorrichtung kann beispielsweise einer der eingangs genannten Druckschriften WO 01/93386 oder WO 02/067393 entnommen werden. Der Vertikalemissionsbereich 1 kann beispielsweise Quantentopstrukturen als aktive verstärkende Bereiche aufweisen, wobei die Bezeichnung Quantentopfstruktur im Rahmen der Anmeldung jegliche Struktur umfasst, bei der Ladungsträger durch Einschluss (confinement) eine Quantisierung ihrer Energiezustände erfahren. Insbesondere beinhaltet die Bezeichnung Quantentopfstruktur keine Angabe über die Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen.

Die gekrümmten Resonatorenspiegel 3 lassen sich bei den monolithisch integrierten Pumplasern 2 durch einen Ätzprozess in beliebiger Form und mit beliebigem Krümmungsradius herstellen. Die gewünschte Reflektivität lässt sich in einem weiteren Herstellungsprozess ggf. durch Aufbringen einer Metallisierung erzielen. Bei geeigneter Formgebung der Resona-

torendspiegel 3 entsteht auf diese Weise ein Laserresonator für die Pumpstrahlungsquellen 2, der sich durch die Ausbildung stabiler resonatorinterner Pumpstrahlungsmoden mit einem ideal gauß-förmigen lateralen Intensitätsprofil auszeichnet.

Bedingt durch die Strahlenführung im Resonator treten die Strahlenbündel konvergent in den Vertikalemissionsbereich 1 ein, was eine Konzentration der Intensität im Zentrum des Vertikalemissionsbereichs 1 zur Folge hat. Zusammen mit dem gauß-förmigen lateralen Intensitätsprofil der Pumpstrahlung ergibt sich eine räumliche Verteilung der Pumpstrahlung im Vertikalemissionsbereich 1, die in guter Näherung der Grundmode des Vertikalemissionsbereichs 1 entspricht.

Dabei ist es günstig, wenn der Absorptionskoeffizient der Pumpstrahlung im Vertikalemissionsbereich 1 so eingestellt wird, dass die Absorption der Pumpstrahlung im Randbereich des Vertikalemissionsbereichs 1 nicht so stark ist, dass keine Pumpstrahlung mehr bis in das Zentrum des Vertikalemissionsbereichs 1 vordringen kann. Eine Anpassung dieses Absorptionskoeffizienten kann durch geeignete Wahl der Wellenlänge der Pumpstrahlung verglichen mit der Wellenlänge der emittierten Strahlung aus dem Vertikalemissionsbereich 1 erfolgen, welche wiederum durch die Materialzusammensetzung der optisch aktiven Strukturen im Vertikalemissionsbereich 1 und den Pumpstrahlungsquellen 2 beeinflusst werden kann. Zum Erreichen einer guten Pumpeffizienz hat dabei die Pumpstrahlung eine kleinere Wellenlänge als die vom Vertikalemissionsbereich 1 abgegebene Strahlung.

Bei dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist eine Pumpstrahlungsquelle 2 vorgesehen, die einen geraden Resonatorenendspiegel 4 und einen gekrümmten Resonatorenendspiegel 3

aufweist. Der gerade Resonatorendspiegel 4 ist idealerweise eine gespaltene Kristallfacette. Der gekrümmte Resonatorendspiegel 3 ist wiederum durch einen Ätzprozess erstellt. Beide Spiegelflächen können mit einer nachfolgenden Metallisierung versehen sein. Bevorzugt hat der gekrümmte Resonatorendspiegel 3 die Form einer Parabel, deren Symmetrieachse in Richtung der Pumpstrahlungsquelle 2 und senkrecht zum geraden Resonatorendspiegel 4 verläuft. Der Bereich des Vertikalemissionsbereichs 1 ist in diesem Ausführungsbeispiel rund ausgeführt und im Brennpunkt der Parabel angeordnet. Somit tritt Pumpstrahlung aus allen Richtungen homogen in den Vertikalemissionsbereich 1 ein. Dieses resultiert in einer radial-symmetrischen Verteilung der Pumpstrahlungsintensität im Vertikalemissionsbereich 1, wodurch idealerweise die ebenfalls radialsymmetrische Grundmode des Vertikalemissionsbereichs 1 gepumpt wird.

Bei dem in Figur 3 gezeigten dritten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung ist der Vertikalemissionsbereich 1 von drei sich in diesem Vertikalemissionsbereich 1 kreuzenden Pumpstrahlungsquellen 2 umgeben. Dabei zeichnet sich die mittlere der Pumpstrahlungsquellen 2 durch einen linearen Resonator aus, der durch zwei gerade Resonatorendspiegel 4 begrenzt ist. Die beiden weiteren Pumpstrahlungsquellen 2 sind ebenfalls durch je zwei gerade Resonatorendspiegel 4 begrenzt, weisen darüber hinaus zusätzlich je zwei innere Resonatorspiegel 5 auf.

Die in Figur 3 dargestellte Anordnung führt zu Ein- bzw. Ausfallwinkeln der resonatorinternen Strahlung an den inneren Resonatorspiegeln 5 von 45° . Bei den Brechungsindizes von Materialien, wie sie typischerweise für eine Halbleiterlaservorrichtung der gezeigten Art eingesetzt werden, tritt bei

diesem Winkel bereits Totalreflexion an den Grenzflächen der inneren Resonatorspiegel 5 auf. Die inneren Resonatorspiegel 5 können beispielsweise in einem Ätzprozess hergestellt werden, wobei auf eine zusätzliche Metallisierung zur Verspiegelung verzichtet werden kann. Als Ätzprozess kommt bevorzugt ein nass- oder trockenchemisches Ätzverfahren in Frage. Es kann eine inerte Passivierungsschicht, z.B. Siliziumnitrid, zum Schutz der geätzten Flächen und zu einer Verbesserung der chemischen Langzeitstabilität dieser Flächen aufgebracht werden. In einem besonders geeigneten Herstellungsprozess kann sowohl das Ätzen und/oder das Metallisieren und/oder das Aufbringen einer Passivierungsschicht im Waferverbund durchgeführt werden. Nachfolgend werden dann die Halbleiterlaservorrichtungen durch Sägen oder Brechen voneinander getrennt.

Vorteilhaft an der gezeigten Anordnung ist, dass sich mehrere Pumpstrahlungsquellen 2 mit unterschiedlicher Strahlungsrichtung im Vertikalemissionsbereich 1 überkreuzen und dass die Resonatoren all dieser Pumpstrahlungsquellen durch Resonatorenspiegel 4 begrenzt sind, die aus gespaltenen Kristallfacetten bestehen und daher von hoher Qualität sind. Die zu diesem Zweck notwendigerweise eingeführten inneren Resonatorspiegel 5 haben aufgrund der Totalreflexion keine nachteiligen zusätzlichen Resonatorverluste zur Folge. Der in diesem Ausführungsbeispiel viereckige Vertikalemissionsbereich 1 kann selbstverständlich auch andere Form seiner Grundfläche aufweisen, insbesondere ist hier eine sechseckige Grundfläche denkbar, bei der die Strahlung der Pumpstrahlungsquellen 2 jeweils senkrecht auf eine Seite des Vertikalemissionsbereichs auftrifft.

Abbildung 4 zeigt ein vierter Ausführungsbeispiel, bei dem sich zwei Pumpstrahlungsquellen 2 im zentralen Vertikalemis-

sionsbereich 1 überkreuzen, die an jeder Seite durch jeweils zwei, in einem Winkel von 90° zueinander stehende, gerade Resonatorenspiegel 4 begrenzt werden.

Die Anordnung von jeweils zwei Resonatorenspiegeln 4 ist somit analog zu der Anordnung von Spiegeln in einem Retroreflektor.

Dieses Ausführungsbeispiel nutzt in ähnlicher Weise wie das im Zusammenhang mit Figur 2 geschilderte Ausführungsbeispiel die Totalreflexion aus, um einen Laserresonator mit geringen Reflexionsverlusten zu schaffen. Die geraden Resonatorenspiegel 4 können geätzt sein, wobei auf eine Metallisierung verzichtet werden kann, aber gegebenenfalls eine Schutzschicht zur Passivierung vorgesehen sein kann.

Beim Ausführungsbeispiel in Figur 5 ist nur eine Pumpstrahlungsquelle 2 vorgesehen, die als Halbleiter-Ringlaser mit drei inneren Resonatorspiegeln 5 ausgestattet ist. Der Resonator beschreibt die Form einer "8", wobei der Vertikalemissionsbereich 1 so im Kreuzungspunkt der "8" angeordnet ist, dass Strahlung aus zwei verschiedenen Richtungen durch den Vertikalemissionsbereich 1 geführt wird. Die inneren Resonatorspiegel 5 können in einem Ätzprozess erstellt werden. In der gezeigten Anordnung fällt die Resonatorstrahlung unter einem Winkel von $22,5^\circ$ auf die inneren Resonatorspiegel 5 auf. Abhängig vom Brechungsindex des eingesetzten Halbleitermaterials tritt auch bei diesem Einfallswinkel Totalreflexion auf. In diesem Fall kann auf eine Verspiegelung der Flächen der inneren Resonatorspiegel 5 verzichtet werden und gegebenenfalls diese lediglich mit einer Passivierungsschicht versehen sein. Im anderen Fall kann statt der Passivierungs-

schicht eine Metallisierung als Reflexionsbeschichtung aufgebracht sein.

Jede andere Anzahl von Spiegeln ist selbstverständlich auch denkbar und insbesondere dann günstig, wenn aufgrund der Brechungszahl des eingesetzten Halbleitermaterials der Einfallswinkel von $22,5^\circ$, der sich bei vier Spiegeln ergibt, nicht ausreicht, um die Bedingung für Totalreflexion zu erfüllen.

Das in Figur 6 gezeigte sechste Ausführungsbeispiel einer erfundungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung zeichnet sich durch einen runden Vertikalemissionsbereich 1 aus. Der Vertikalemissionsbereich 1 wird von vier Seiten von zwei sich in dem Vertikalemissionsbereich 1 kreuzenden Pumpstrahlungsquellen 2 gepumpt. Vertikalemissionsbereich 1 und Pumpstrahlungsquellen 2 sind so ausgelegt, daß sie eine unterschiedliche Brechungszahl aufweisen. Dies kann entweder durch die Wahl der Materialien geschehen oder dadurch, dass eine Stufe in den Übergang zwischen Vertikalemissionsbereich 1 und Pumpstrahlungsquelle 2 eingeätzt wird, die zu unterschiedlichen Impedanzen bei der Wellenleitung und dadurch zu unterschiedlichen effektiven Brechungszahlen führt. Beim Übergang der Pumpstrahlung aus der Pumpstrahlungsquelle 2 in den Vertikalemissionsbereich 1 erfährt die Pumpstrahlung Brechung auf das Zentrum des Vertikalemissionsbereichs 1 hin. Auf diese Weise wird in guter Näherung eine radialsymmetrische Verteilung der Pumpstrahlungsintensität im Vertikalemissionsbereich 1 erreicht, die wiederum die Radialsymmetrie der Grundmode widerspiegelt und diese daher bevorzugt anregt.

Die Erläuterung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele ist nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen. Die Erfindung bezieht sich vielmehr auf sämtliche Anord-

nungen mit den in den Ansprüchen genannten Merkmalen. Weiterhin umfasst die Erfindung sämtliche in der Beschreibung genannten Merkmale sowie deren Kombination, auch wenn diese nicht in den Ansprüchen oder der Beschreibung explizit genannt sind.

Patentansprüche

1. Optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung mit
 - einem oberflächenemittierenden Vertikalemissionsbereich (1) und
 - mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle (2) zum optischen Pumpen des Vertikalemissionsbereichs (1), wobei die mindestens eine Pumpstrahlungsquelle (2) so eingerichtet und angeordnet ist, dass die Pumpstrahlung in Form von Teilstrahlungsbündeln mit unterschiedlichen Strahlungsrichtungen in den Vertikalemissionsbereich (1) eintritt, so dass die Pumpstrahlung einen Überlapp mit der Grundmode des Vertikalemissionsbereichs (1) aufweist, der zur Anregung dieser Grundmode geeignet ist.
2. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstrahlungsbündel von verschiedenen Pumpstrahlungsquellen (2) mit verschiedener Hauptstrahlungsrichtung stammen.
3. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquellen (2) Halbleiterlaser mit einem geschlossen Resonator sind, der den Verstärkerbereich umfasst.
4. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquellen (2) kantenemittierende Halbleiterlaser sind.

5. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquellen (2) jeweils einen Resonator mit mindestens einem gekrümmten Resonatorenspiegel (3) aufweise.
6. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquellen (2) jeweils einen Resonator mit mindestens einer Resonatorenspiegelanordnung aufweist, die aus zwei geraden Resonatorenspiegeln (4) besteht, die rechtwinklig zueinander angeordnet sind.
7. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei geraden Resonatorenspiegel (4) so angeordnet sind, dass die Pumpstrahlung im Resonator an ihnen Totalreflexion erfährt.
8. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere der Pumpstrahlungsquellen (2) einen gefalteten Resonator mit zwei Resonatorenspiegeln und mindestens einem inneren Resonatorspiegel (5) aufweisen.
9. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine inneren Resonatorspiegel (5) so angeordnet ist, dass die Pumpstrahlung im Resonator Totalreflexion an ihm erfährt.

10. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Resonatorendspiegel gebrochene Kristallfacetten sind und die inneren Resonatorspiegel (5) geätzte Spiegel sind.
11. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstrahlungsbündel von einer Pumpstrahlungsquelle (2) stammen, deren Strahlung mehrfach in verschiedenen Richtungen durch den Vertikalemissionsbereich (1) geführt wird.
12. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquelle (2) einen Resonator mit einem Resonatorendspiegel aufweist, der aus einem in der Hauptstrahlungsrichtung des Vertikalemissionsbereichs (1) parabelförmig gekrümmten und geätzten Spiegel besteht, wobei der Vertikalemissionsbereich (1) im Brennpunkt des parabelförmig gekrümmten und geätzten Spiegels angeordnet ist.
13. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquelle (2) ein Halbleiter-Ringlaser ist.
14. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonator des Halbleiter-Ringlasers mindestens drei innere Resonatorspiegel (5) aufweist.
15. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass

die mindestens drei inneren Resonatorspiegel (5) so angeordnet sind, dass die Pumpstrahlung im Resonator Totalreflexion an ihnen erfährt.

16. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Übergang von der mindestens einen Pumpstrahlungsquelle (2) zum Vertikalemissionsbereich (1) gekrümmmt ist und sich durch eine Brechungszahländerung auszeichnet, so dass die Pumpstrahlung im Vertikalemissionsbereich (1) fokussiert wird.

1/3

FIG 1

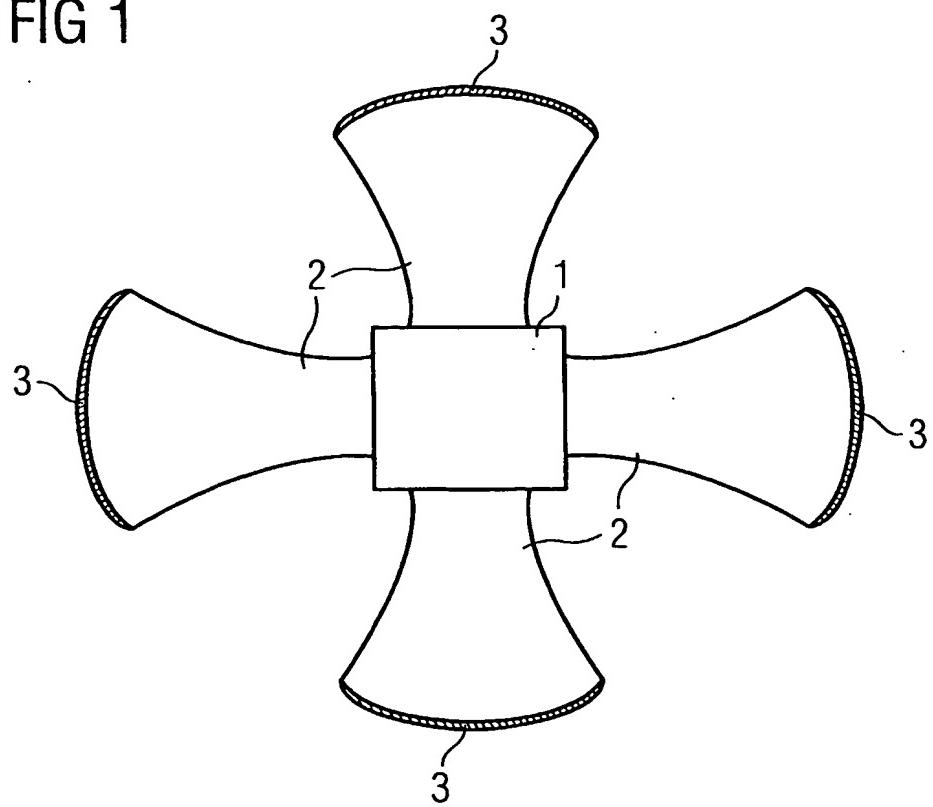
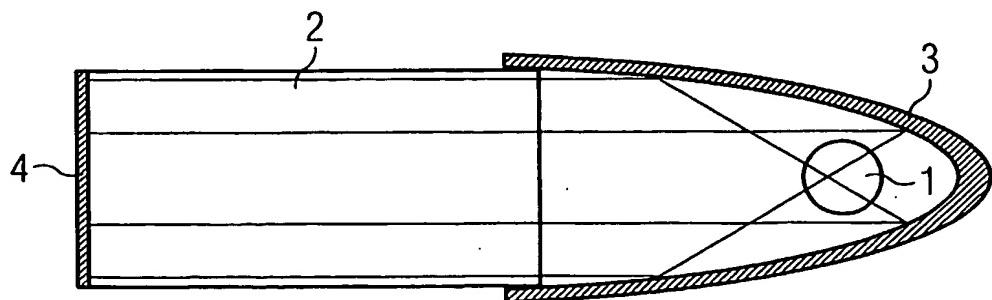


FIG 2



ERSATZBLATT (REGEL 26)

2/3

FIG 3

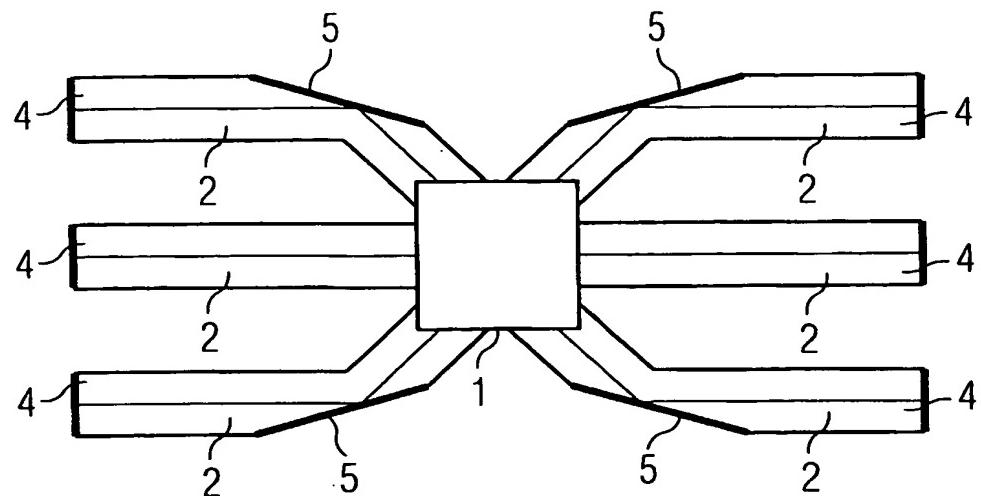
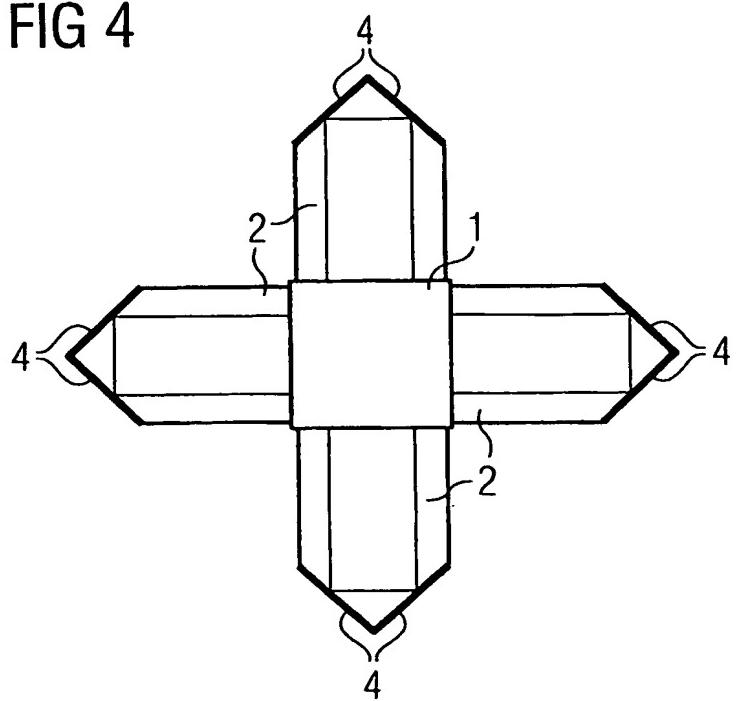


FIG 4



ERSATZBLATT (REGEL 26)

3/3

FIG 5

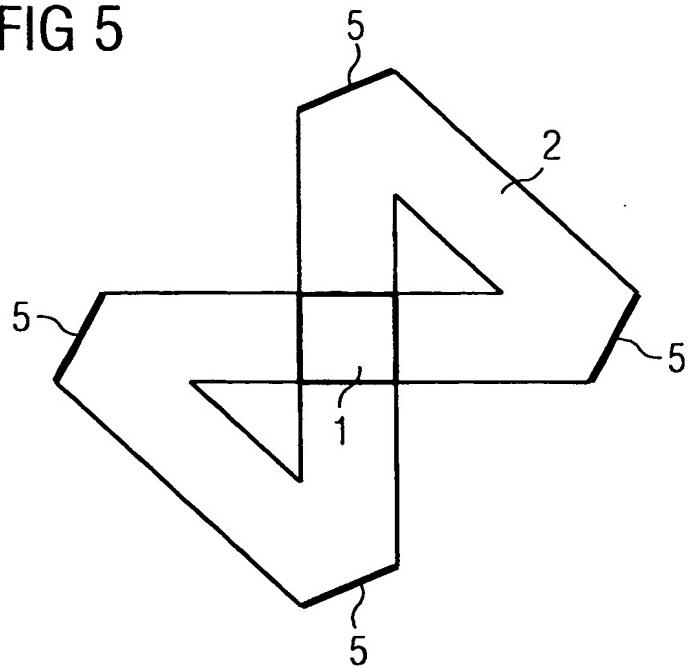
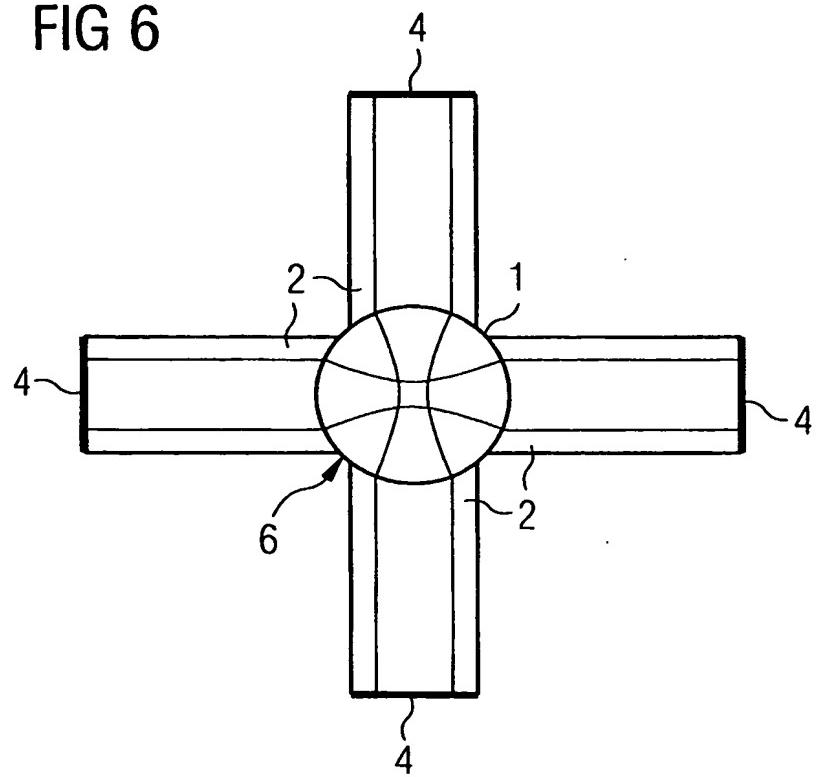


FIG 6



ERSATZBLATT (REGEL 26)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002476

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01S5/183 H01S5/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, IBM-TDB, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/075935 A1 (CLAYTON RICHARD D) 20 June 2002 (2002-06-20) paragraph 39-45 - pages 2-6,8-9A -----	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 01, 31 January 1996 (1996-01-31) & JP 07 249824 A (HITACHI LTD), 26 September 1995 (1995-09-26) abstract -----	2-16
X	DE 101 08 079 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO. OHG) 12 September 2002 (2002-09-12) the whole document -----	1
Y	-----	2-16
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 March 2005

Date of mailing of the international search report

11/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gnugesser, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational Application No
PCT/DE2004/002476**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 26 734 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO. OHG) 13 December 2001 (2001-12-13) the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

 International Application No
PCT/DE2004/002476

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 2002075935	A1	20-06-2002	CA EP JP	2328637 A1 1220392 A2 2002270961 A	15-06-2002 03-07-2002 20-09-2002
JP 07249824	A	26-09-1995	JP	3296917 B2	02-07-2002
DE 10108079	A1	12-09-2002	DE CN WO DE EP JP TW US CN WO EP JP TW US	10026734 A1 1463480 A 02067393 A1 50200364 D1 1281222 A1 2004519106 T 531950 B 2005008056 A1 1444787 A 0193386 A1 1287595 A1 2003535480 T 520578 B 2002001328 A1	13-12-2001 24-12-2003 29-08-2002 27-05-2004 05-02-2003 24-06-2004 11-05-2003 13-01-2005 24-09-2003 06-12-2001 05-03-2003 25-11-2003 11-02-2003 03-01-2002
DE 10026734	A1	13-12-2001	CN WO DE EP JP TW US US	1444787 A 0193386 A1 10108079 A1 1287595 A1 2003535480 T 520578 B 2002001328 A1 2005008056 A1	24-09-2003 06-12-2001 12-09-2002 05-03-2003 25-11-2003 11-02-2003 03-01-2002 13-01-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/002476

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01S5/183 H01S5/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01S H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, IBM-TDB, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/075935 A1 (CLAYTON RICHARD D) 20. Juni 2002 (2002-06-20)	1
Y	Absatz 39-45 - Seiten 2-6, 8-9A -----	2-16
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 01, 31. Januar 1996 (1996-01-31) & JP 07 249824 A (HITACHI LTD), 26. September 1995 (1995-09-26)	1
Y	Zusammenfassung -----	2-16
A	DE 101 08 079 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO. OHG) 12. September 2002 (2002-09-12)	1
Y	das ganze Dokument -----	2-16
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

1. März 2005

11/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gnugesser, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHTInternationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/002476**C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 26 734 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO. OHG) 13. Dezember 2001 (2001-12-13) das ganze Dokument -----	1

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/002476

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002075935 A1	20-06-2002	CA EP JP	2328637 A1 1220392 A2 2002270961 A		15-06-2002 03-07-2002 20-09-2002
JP 07249824 A	26-09-1995	JP	3296917 B2		02-07-2002
DE 10108079 A1	12-09-2002	DE CN WO DE EP JP TW US CN WO EP JP TW US	10026734 A1 1463480 A 02067393 A1 50200364 D1 1281222 A1 2004519106 T 531950 B 2005008056 A1 1444787 A 0193386 A1 1287595 A1 2003535480 T 520578 B 2002001328 A1		13-12-2001 24-12-2003 29-08-2002 27-05-2004 05-02-2003 24-06-2004 11-05-2003 13-01-2005 24-09-2003 06-12-2001 05-03-2003 25-11-2003 11-02-2003 03-01-2002
DE 10026734 A1	13-12-2001	CN WO DE EP JP TW US	1444787 A 0193386 A1 10108079 A1 1287595 A1 2003535480 T 520578 B 2002001328 A1 2005008056 A1		24-09-2003 06-12-2001 12-09-2002 05-03-2003 25-11-2003 11-02-2003 03-01-2002 13-01-2005